图书情报工作
第65卷 第22期 2021年11月

探索式搜索前后用户认知结构变化研究*

■ 邢玉艳[1] 刘萍[1,2]
[1] 武汉大学信息管理学院 武汉 430072 [2] 武汉大学数字图书馆研究所 武汉 430072

摘 要：[目的/意义]旨在探测用户在探索式搜索前后认知结构的改变，以揭示其认知结构变化的模式及其原因。[方法/过程]采用实验法获取30名用户在搜索前后的概念图，依据概念图评价指标体系对两阶段的概念图进行评估比较，识别用户认知结构的变化模式。进一步分析用户与文献的认知交互特征，探究其对认知结构提升的影响。[结果/结论]研究表明，用户搜索前后认知结构的变化呈现三种模式，66.6%的用户认知结构有明显改进，16.7%的用户认知结构保持不变，16.7%的用户认知结构得到极大完善。研究发现用户与文献正文的认知交互是改善认知结构的重要因素。

关键词：探索式搜索 认知结构 概念图 认知交互
分类号：G250
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2021.22.008

1 引言

21世纪以来，人类已进入到知识经济时代。知识成为最重要的资源，知识的传播和运用成为社会发展的重要推动力量。在此情境下，用户的信息需求也发生了极大的变化。以往搜索引擎中简单的提问-应答模式已不能满足个体创新与发展的要求。面对复杂的工作和学习问题，用户需要与系统多次交互，不断调整搜索策略，以获得多方面信息，并对这些信息进行加工和利用，以完成用户学习、研究、计划或调查等目的。这种具有探索性、交互性和迭代性的搜索模式被 Marchionini 命名为“探索式搜索”[1]。自2006年以来探索式搜索研究引起了学者们的极大关注，逐渐成为信息搜寻行为的热点研究领域之一[2]。

围绕探索式搜索的研究主要集中在探索式搜索行为特征、影响因素以及探索式搜索系统支持方面。在搜索行为特征方面，张云秋等[3]发现用户的搜索行为呈现节点性改变的特点，随着认知的阶段性改变，呈现出从快速浏览、细致浏览到集中搜索的行为特征；袁红等[4]以健康搜索为例，比较了查询式搜索与探索式搜索的行为差异，发现两者在关键词变换数、访问网页数目、浏览有效结果时间、精读次数、任务完成时间和被采用的网页数目上具有显著不同。目前已探明影响探索式搜索的主要因素有用户认知、领域知识、用户情感、搜索能力和搜索任务，张敏等[5]通过实证分析发现用户认知对探索式搜索结果满意度有显著影响，目标认知和知识认知正向影响搜索结果满意度；J. Mao 等[6]通过设计用户实验证实，更高的领域知识水平能提高完成探索式搜索任务的成功率；夏立新等[7]研究发现，情感应对技能和情感负荷对探索式搜索时长分别产生显著正向影响和负向影响；王宇等[8]通过研究发现搜索能力对大多数的搜索行为与注视频率有较大影响，对注视的时间长短影响不大；袁红等[9]从搜索任务和搜索能力两个因素对探索式搜索行为中的搜索动作、工具等进行分析，研究发现搜索任务越复杂，用户的探索行为越深入，用户搜索能力越高，其搜索过程越活跃。在探索式搜索系统支持方面，S. Lu 等[10]开发了一种基于视觉的探索式搜索系统，允许用户在浏览和检索的过程间进行无缝切换，从而自然地完成探索式搜索任务；Y. Fukazawa 等[11]设计了探索式搜索系统，提出了 ConceptNet 加权查询扩展算法和查询扩展结果的排序算法，实验结果发现探索式搜索系统的新颖性和偶然性都有所提升；H. Kai 等[12]设计了一个 Picass 系统，为可视化、分析和探索搜索结果提供可能的搜索

* 本文系国家自然科学基金项目“基于个性化知识地图的交互式信息检索系统研究——从用户认知的角度”(项目编号:71573196)研究成果之一。
作者简介：邢玉艳，博士研究生；刘萍，博士，教授，通讯作者，E-mail：pliuleeds@126.com。
收稿日期:2021-06-28 修回日期:2021-09-05 本文起止页码:74-84 本文责任编辑:杜杏叶

邢玉艳，刘萍.探索式搜索前后用户认知结构变化研究[J].图书情报工作,2021,65(22):74－84.

方向。

探索式搜索是一种以“用户获取新知识”为中心的搜索活动，用户的搜索过程必定是和学习过程联系在一起的，所以近年来研究人员也把目光聚焦在“搜索即学习”的主题上，探索各类搜索行为和知识改变特征之间的关联关系。由于用户认知结构的改变是评估探索式搜索成功与否的重要标志，因此对用户认知结构的探测成为一个重要的研究课题。为了有效、方便地对用户的认知结构进行评价，学者们进行了初步探索并取得了一些研究成果。一部分学者采用用户自我评估的方法，以问卷形式评估用户感知的学习效果，如 C. T. Kevyn、X. Zhang、韩正彪等[13－15]让用户分别从主题学习程度、信息合成程度、信息探索效果等方面进行自我评价，从而评估知识的增长程度，但这种主观性评估有明显的局限性，由于不同的用户衡量标准不同，使得结果没有可对比性。另一部分学者通过让用户完成特定的测试问题，从而完成对认知结构的评估，比如 L. Nelson、U. Gadiraju 等[16－17]在搜索后分别让实验者回答设定的领域问题和完成知识测试，用得分来评估用户搜索后的学习效果。还有一部分学者让用户绘制概念图来外化头脑内的认知结构，提出多种指标来衡量用户的认知结构水平，比如 Y. Egusa 等[18]和 S. Hitomi 等[19]通过统计概念图中节点数量、短语使用频率等测量用户搜索后的认知结构，研究发现搜索后节点数量、关系数量等变化是显著的；宋筱璇和刘畅[20]结合知识数量和知识质量对用户搜索前后的知识水平进行全面评估，研究发现用户在知识点数量、知识面数量、知识面广度和知识面深度上都有显著的提升。

整体而言，针对用户认知结构改变的实证研究还比较少，也缺乏对用户在探索式搜索中与文献进行认知交互的关注。本文认为，搜索和获取相关文献只是探索式搜索的前半部分，对文献知识进行吸收和利用才是改变用户认知的关键因素。基于此，本研究将对探索式搜索前后用户认知结构变化进行深入研究，旨在发现用户在检索过程中认知变化的模式与特征，并探究用户与文献的认知交互对用户认知结构改变的影响，为用户模型构建奠定基础和提供科学依据。

2　理论基础

情报学认知观认为，信息搜索的过程是用户认知的过程，而非文献与查询式的匹配过程。它关注用户对情报的吸收和利用，重视用户在情报利用过程中知识结构和认知能力的改变[21]。情报科学认知观的代表人物有布鲁克斯、贝尔金和德尔文，他们提出的理论体系既相对独立又具有极大的互补性[22]。

2.1　布鲁克斯“情报学基本方程式”

布鲁克斯(B. C. Brookes)受波普尔的“三个世界”理论启发，主张情报学的任务是探索和组织客观知识，以提高知识的利用效率。为了阐明情报与知识的关系以及知识的增长模式，布鲁克斯提出了描述情报作用与知识结构的基本方程式：$K[S]+\Delta I \rightarrow K[S+\Delta S]$，其中 $K[S]$ 是原有的知识结构；ΔI 为情报的改变量；ΔS 为改进的效果；$K[S+\Delta S]$ 为新的知识结构。因此，“情报就是使人原有的知识结构发生变化的那一部分知识”[23]。布鲁克斯强调人所接收到的信息必须用自身的知识结构进行主观解释才能成为情报，且情报被吸收后，它所引起的不是知识的简单相加，而是对知识结构的某些调节，甚至是重组。

探索式搜索的过程不仅是个体通过搜索来查找相关信息的过程，更重要的是对查找到的相关信息进行加工和利用的过程，也就是个体学习的过程。学习的效果体现在用户知识结构的改变上。在搜索过程中用户以自身的知识结构 $K[S]$ 为基础，协调搜索到的信息 ΔI，产生新的知识结构 $K[S+\Delta S]$。对知识改进 ΔS 的测量是评估用户在探索式搜索中信息吸收和利用的关键要素，为此就必须研究用户的知识结构在探索式搜索前后到底发生了怎样的改变。这也成为本研究的主要焦点。

2.2　贝尔金理论

贝尔金(N. Belkin)首先区分了文本和情报的概念，指出文本是“传送者为改变接收者意像而有目的组织起来的符号集合”；情报是“能够改变接收者意像结构的任何文本结构”[24]。他进一步明确了情报科学的基本问题是“促进所需要的情报在生产者和用户之间有效传播”。贝尔金提出了著名的“知识非常状态”理论，他认为用户之所以有情报需求，是因为其认识到自己存在着知识的非常状态，而求助于交流系统，通过检索式从文本集合中检索出可能适于解决这种异常的文本；发现其本质性概念结构，并与自己的知识异常状态产生交互作用[25]。在发生作用的过程中存在语言和认知两个层次，当文献传递的情报不能与接受者的知识状态发生作用时，仅停留在语言层次；当文献传递的情报与接受者的知识状态发生作用并产生新的概念结构时，处于认知层次。

与事实型搜索不同，用户与系统的认知交互在探索式搜索中起到非常重要的作用。探索式搜索过程中

存在用户知识结构与文献知识结构交互作用和影响[21]。著者的文本,包括标题、文摘、关键词及正文等代表了著者希望通过文献传达的知识结构。当用户面对系统检索到的文献时,交互将用户带入一种选择状态,以激发用户从文献的知识结构中做出某种选择,选择对自己有特定价值的信息纳入到自己的知识体系,从而完善自己的认知结构。

2.3 德尔文"意义建构理论"

德尔文(B. Dervin)在建构主义学习理论影响下,重新审视信息本质、人的主体性、信息传递过程等问题,关注人对信息意义产生的影响。德尔文认为,信息的意义建构是内部行为(认知)和外部行为(信息)共同作用的结果,信息查询的实质是一种主观知识建构行为[26]。意义建构理论强调主体在他们所面临的情境中活跃地构建意义。信息传递的行为实际上就是文本概念结构在主体知识经验下进行相互作用而产生新的知识结构的过程。人在与文本多次交互中,通过同化和顺应两种方式不断建构和修正原有知识结构,形成更深层、更丰富、更灵活的认知结构。由于主体不再被视为情报的被动接收者,而是从情报中衍生自己意义的行为者,因此信息接收者所理解的信息含义不完全等同于信息生产者的本意,不同用户对同一信息也会有不同的理解,对意义的建构以及由此产生的认知结构也并不相同。

在探索式搜索情境下是没有标准答案的。作为活跃的意义建构者,不同用户原有的知识结构 K[S]不同,知识的改进 ΔS 也不同。用户依靠自己原有的知识结构,对检索到的信息进行吸收和利用,从而产生了新的认知。这种新认知不仅体现在对原有文本概念的重组,还体现在创造新概念上。这种不同于原文的新概念构成了用户理性认知的结晶,也是用户创造思维的外化。因此本文也将探究搜索后用户认知结构中的创新词汇特征及其对 ΔS 的作用关系。

3 研究设计

3.1 研究问题

用户在探索式搜索前后认知结构变化受到很多因素影响,如不同难度的任务会造成用户认知负荷的不同[15]、不同检索平台反馈的信息不同[27]、不同先验知识使得用户在探索中的理解能力不同[6],都会影响到用户的认知水平变化。然而根据贝尔金的理论,用户与文献的认知交互也是影响用户认知结构改变的重要因素,但目前缺乏相应的实证研究。基于此,本文重点研究在相同任务难度、相同检索平台、相同先验知识以及相同学习时间的情况下,用户的认知结构改变会呈现出怎样的模式?用户与文献的认知交互对认知结构变化有怎样的影响?具体来说,本文将回答以下三个问题:

(1)用户探索式搜索前后认知结构是如何变化的,呈现怎样的模式?

(2)用户与文献的认知交互呈现出什么特征?

(3)用户与文献的认知交互特征是否会影响到用户认知结构的提升?

3.2 用户实验

本研究主要采用实验法进行研究。为控制无关变量,本实验选取同年级同专业的大学生进行真实情境下的实验,收集用户在探索式搜索前后绘制的概念图数据和搜索过程中阅读的文献数据。概念图是一种用图的形式来组织和表达知识的工具,可以形象、直观地呈现出学习者的认知结构[28]。通过对搜索前后概念图的量化评估可以识别出用户认知结构的变化模式。另一方面,结合概念图和用户阅读文献可以揭示用户与文献的认知交互特征。最后通过 Pearson 相关分析揭示两者之间的关联关系。

3.2.1 实验对象

通过文献调研发现,国内外探索式搜索实验的人数平均控制在35人左右[2]。因此,本研究实验对象为武汉大学信息管理学院信息管理与信息系统专业本科二年级的30名学生,其中男生10人,女生20人,年龄分布在18-20岁之间。

3.2.2 实验任务

探索式搜索的前提是用户对某领域有兴趣,但没有具体了解,搜索任务目标不确定,也没有统一答案。根据以上特点,本研究在实验任务的设计上,确保用户进行探索式学习的原则,选择大学生较为关注的网络相关问题进行任务主题的设计。最终给定的实验任务是:社交媒体是社会民众获取信息和发表观点的重要平台,然而也因其开放性的特征成为谣言的集散地,该如何治理?请以"社交媒体下的谣言治理"为主题在 CNKI 数据库中进行文献搜索,筛选10篇高质量文献进行探索学习,将学习结果以概念图形式呈现出来。

3.2.3 实验流程

为保证实验的顺利进行,考虑到网络状况和实验环境等外部因素的一致性,本实验选择在实验机房进行。在实验开始前,首先为用户讲解本次实验内容、实验流程以及注意事项。在开始搜索前,用户在不参考

任何外部资料的情况下,根据头脑中对主题的初始认知绘制概念图。用户可以选择熟悉的概念图软件进行绘制,如 Xmind、Processon、Mindmaster 等。绘制完成后,利用 CNKI 平台进行相关文献搜索,筛选出 10 篇高质量文献进行深入学习。高质量文献筛选和学习时间限定为 90 分钟(两节课时间)。最后,在第三节课(45 分钟)用户根据自己对探索主题新的认知再次绘制概念图。绘制完后用户提交深入阅读学习的 10 篇高质量文献和搜索前后两次概念图,实验结束。

3.3 数据搜集与分析

本实验收集的数据有两类。一类是 30 名用户搜索前后的概念图数据,共得到 60 份概念图;另一类是每位用户阅读的 10 篇高质量文献数据,共得到 300 篇文献的全文数据。概念图表征用户认知结构;用户阅读的文献数据是分析用户与文献认知交互的基础数据。本节分别阐释对这两类数据的分析与评估方法。

3.3.1 用户认知结构的量化评估

为探测用户认知结构的变化,首先需要对用户绘制的概念图进行量化评估。本研究团队基于意义建构理论和层次语义网络模型提出了一套面向探索式搜索的认知结构量化评价体系[29],包括概念节点的丰富性、专业性、有效性以及概念关系的联系性、层次性和探索性 6 个量化指标,并依据相关理论为其赋予不同的权重,如表 1 所示:

表 1　概念图量化评价体系

类型	指标	权重/%	描述	评分
概念节点	丰富性(语法)	10	每个概念图节点总数与最大节点总数的比例	$S_1=[节点数\div \max(节点数)]\times 10$
	专业性(语义)	15	概念图中节点是否为专业性术语	$S_2=\begin{cases}15, n_1=n_2\\ 12, \frac{2}{3}n_2\leqslant n_1<n_2\\ 9, \frac{1}{2}n_2\leqslant n_1<\frac{2}{3}n_2\\ 6, \frac{1}{3}n_2\leqslant n_1<\frac{1}{2}n_2\\ 3, n_1<\frac{1}{3}n_2\end{cases}$ (其中,n_1 是概念图中专业术语数量,n_2 是概念图中总节点的数量)
	有效性(语用)	20	主题相关节点数量与最大主题相关节点数量的比例	$S_3=[主题相关节点\div \max(主题相关节点)]\times 20$
概念节点关系	联系性(语法)	10	概念节点连线数量与最大节点连线数量的比例	$S_4=[节点关系数\div \max(节点关系数)]\times 10$
	层次性(语义)	15	上层概念对下层概念是否具有精确的概括性	S_5:每个有效层次得 3 分,满分 15 分
	探索性(语用)	30	概念整体结构是否体现用户新颖和深入思考	S_6:建立丰富的联系并体现新颖的思考,得 30 分;建立相对完整的认知结构并能体现深入的思考,得 24 分;内容丰富但对联系把握不够深入,得分 18 分;认知结构不完整,缺少与主题相关的节点与关联,得分 12 分;概念节点少、关系孤立且较为片面,得分 6 分

本文沿用该指标体系评测用户的认知结构,用户概念图的总得分为 6 项指标得分之和,即 $S=S_1+S_2+S_3+S_4+S_5+S_6$。其中,$S_1$ 为概念的丰富性(语法层面)得分,仅在形式上考察概念图中概念节点数量的多少;S_2 为概念的专业性(语义层面)得分,主要考察概念图是否包含特定含义的专业词汇;S_3 为概念的有效性(语用层面)得分,不同的节点所传递的价值不同,代表的重要程度也不同。对于"网络谣言治理"的探索式搜索情境,节点的效用体现在是否准确描述了与主题相关的内容。如果是则证明该节点是有效的,否则,该节点是多余的,在量化评估时应予以剔除;S_4 为节点关系的联系性(语法层面)得分,仅在形式上考察连线数量的多少;S_5 为节点关系的层次性(语义层面)得分,概念图的层级结构是个体对主题概念间有机联系的深刻理解,是个体认知能力的重要体现。层次结构越多代表认知能力越强,则得分也越多;S_6 为节点关系的探索性(语用层面)得分,即概念图连接的价值与效用,如是否识别出概念之间隐藏的关系。因此,按照个体探索结果的价值赋予 5 种不同的等级得分,见表 1。

通过该量化评估体系对 30 位用户在搜索前后的概念图分别打分,计算出每位用户在搜索前后的概念图得分差值,作为用户搜索前后认知结构变化的评估数据。

3.3.2 用户与文献的认知交互编码

每位用户找到 10 篇高质量文献只是探索式搜索

的前半部分，对文献知识进行吸收和利用才是改变用户认知的关键因素。用户在阅读文献过程中，不断与文献进行认知交互，吸收文献中的情报（即对用户有特定价值的信息）来改善自身的认知结构。不同用户吸收内化的情报不同，认知结构的改善也不相同。用户搜索后绘制的概念图中新增概念节点是用户将阅读的文本信息内化为自身知识的体现。因此对比每位用户搜索前后概念图，标注新增概念节点，并对概念来源文献进行人工编码。编码主要包括两个方面的内容：一是新增概念是否来源于用户阅读的 10 篇文献中；二是该概念出现在文献的哪部分结构中。一篇文献的基本结构包含题目、摘要、关键词及正文 4 部分，为避免重复统计，编码过程中一个概念只对应一个文献结构属性。根据认知负荷理论，统计先后顺序为标题 > 摘要 > 关键词 > 正文。如一个概念同时出现在摘要和正文中，则只编码摘要。若新增概念未出现在任何文献中，属于用户新创词汇，则将之编码为“自我总结”。

通过对概念图中新增概念的编码，能探明改变用户认知结构的文本结构，也揭示用户与文献的认知交互特征。

4 实验结果

4.1 认知结构变化模式及特征

根据概念图量化评价体系对 30 名用户的搜索前后认知结构进行评估比较，结果如表 2 所示。其中 S 和 S' 分别表示搜索前后的概念图得分，ΔS 为搜索前后概念图得分差值。根据 ΔS 的结果可以看出，得分差值呈现出三个分数段：$3 < \Delta S < 7$、$12 < \Delta S < 37$、$40 < \Delta S < 55$。由于这三个分数段之间有明显的跳跃，因此将其对应于认知结构变化的三种模式，分别是保持不变型、明显改进型、极大完善型。当然不同实验情境下概念图得分差值以及分类界限是会变化的，没有一个统一的标准。在本实验中有 20 人（66.6%）的用户认知结构有明显改善，搜索前后概念图差值均在 10 分以上 40 分以下；另有 5 人（16.7%）的用户认知结构得到极大完善，搜索前后概念图差值均在 40 分以上；还有 5 人（16.7%）的用户认知结构没有明显改进，搜索前后概念图差值均在 10 分以下。

（1）保持不变型。保持不变型用户在搜索前后概念图得分差处于 3 至 7 之间，进一步对其概念图 6 项指标进行统计分析，结果见表 3。从各项指标来看，在概念节点的丰富性、专业性、有效性、概念关系的联系性、层次性、探索性在搜索前后均没有显著性差异（$P > 0.05$）。这表明，搜索前后的概念图在语法、语义和语用层面均没有显著提高，整体认知结构基本保持不变。

表 2 搜索前后认知结构变化情况

认知结构变化类型	编号	用户	S	S'	ΔS
保持不变型	1	U29	19.61	22.82	3.21
	2	U17	12.06	15.66	3.59
	3	U24	21.01	24.87	3.85
	4	U21	14.51	20.01	5.50
	5	U30	12.31	18.92	6.60
明显改进型	6	U27	21.47	33.62	12.16
	7	U9	21.11	36.02	14.91
	8	U22	9.11	24.26	15.16
	9	U6	17.21	32.48	15.27
	10	U1	21.01	37.28	16.27
	11	U10	28.24	44.51	16.27
	12	U23	25.33	43.87	18.45
	13	U26	23.14	44.97	21.83
	14	U11	34.54	58.41	23.87
	15	U20	39.85	65.51	25.66
	16	U7	26.87	52.59	25.72
	17	U25	19.13	47.44	28.31
	18	U8	18.16	48.64	30.47
	19	U2	19.56	51.80	32.24
	20	U16	31.48	66.12	34.64
	21	U5	31.28	66.51	35.23
	22	U13	27.92	63.35	35.43
	23	U28	19.91	55.66	35.74
	24	U19	15.76	51.99	36.23
	25	U18	29.97	66.38	36.40
极大完善型	26	U15	40.85	82.54	41.69
	27	U3	32.67	79.62	46.95
	28	U4	30.88	79.52	48.64
	29	U14	25.73	75.67	49.94
	30	U12	25.17	79.59	54.43

图 1（a）和图 1（b）展示了用户 U21 在搜索前和搜索后绘制的概念图。在搜索前该用户认知结构的主要概念为“谣言”“治理”“社交媒体”，且对“谣言”和“社交媒体”进行了分类，“治理”分为“特点对策”“解决”和“管控”。搜索后对“谣言”和“社交媒体”不再划分下级概念，侧重对“治理”节点进行扩充，将“解决”更改为“治理着手”，并增加其下位节点，增加“引导群众”“引进国外先进经验”和“利用传播的客观规律”专业性表达。另外新增的一级概念节点“网络”，但缺失下级节点，此节点并不能准确描述主题。整体来看，搜索前概念图包含 2 个层次和 12 条连线，搜索后概念

表 3　保持不变型各指标变化情况

指标	丰富性		专业性		有效性		联系性		层次性		探索性		总分
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值
搜索前	2.21	0.49	3.00	0.00	1.40	0.35	2.09	0.50	4.80	1.64	4.80	1.13	15.90
搜索后	2.00	0.74	3.60	1.34	2.18	0.91	1.88	0.75	4.80	1.64	6.00	0.00	20.45
比较	P > 0.05		P > 0.05		P > 0.05		P > 0.05		P > 0.05		P > 0.05		P > 0.05

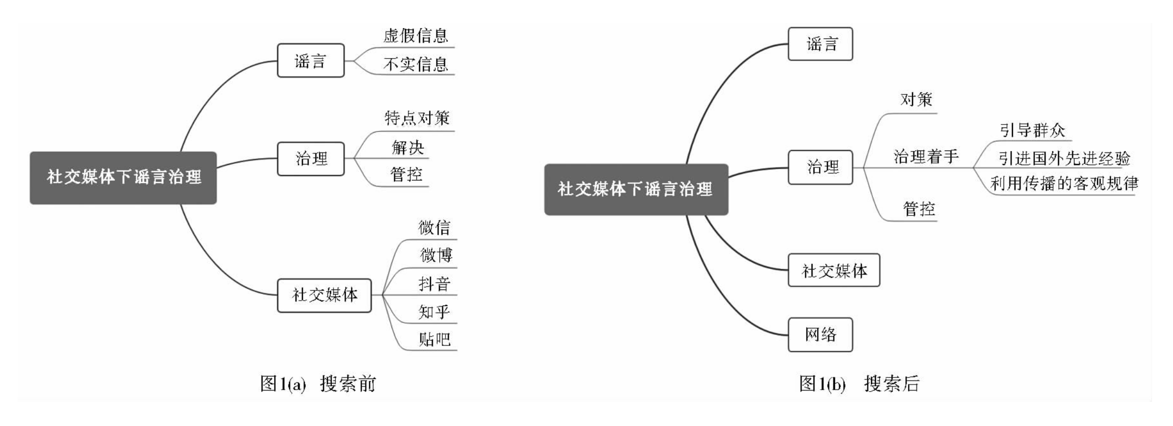


图 1　21 号用户搜索前后概念图

图中包含 3 个层次和 10 条连线,搜索后层次性几乎不变,只在一个概念下扩充了内容。概念节点的专业性和有效性没有明显提升,整体认知结构没有明显改变。

(2)明显改进型。明显改进型用户在搜索前后概念图得分差处于 12 至 37 之间,进一步对其概念图 6 项指标进行统计分析,结果见表 4。通过分析发现,用户搜索前后的概念图得分有显著性差异($P < 0.05$)。其中,概念节点的丰富性、概念节点关系的联系性和层次性在搜索前后有显著性差异($P < 0.05$);概念节点的专业性、有效性和概念节点关系的探索性在搜索前后有非常显著的差异($P < 0.001$)。与搜索前相比,丰富性、联系性均有显著提升,分别提升 85% 和 88%;搜索后专业性、有效性和探索性得分提升均超过 100%,分别为 135%、163% 和 169%。这表明,该类型用户搜索后的概念图在语法、语义和语用层面都有显著提高,整体认知结构得到明显改进。

表 4　明显改进型各指标变化情况

指标	丰富性		专业性		有效性		联系性		层次性		探索性		总分
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值
搜索前	2.93	2.00	3.53	1.18	3.03	1.82	2.83	2.03	6.35	2.57	5.65	1.46	24.05
搜索后	5.43	2.23	8.29	4.04	7.97	3.96	5.33	2.31	8.12	2.32	15.18	3.09	49.59
比较	P < 0.05		P < 0.001		P < 0.001		P < 0.05		P < 0.05		P < 0.001		P < 0.05

图 2(a)和图 2(b)展示了用户 U2 在搜索前和搜索后绘制的概念图。在搜索前该用户认知结构的主要概念为"社交媒体平台""谣言"和"治理"。搜索后的一级概念依然保持不变,但增加了下级概念,概念节点的丰富性明显增加。从节点内容来看,搜索后增加与"谣言"和"治理"相关的专业表达,如"谣言类型""传播成因""传播过程""治理方法"等,这些概念节点与主题密切相关,与搜索前的概念图相比,概念节点的专业性和有效性都有显著提升。在概念节点关系方面,搜索前概念图中包含 2 个有效层次和 10 条连线,搜索后概念图中包含 3 个有效层次和 42 条连线,概念图的层次更加深入,节点关系更为丰富,概念关系的层次性和联系性明显提升。新增了具体的子级概念,使得概念节点的专业性和有效性得到提升。整体来看,与搜索前概念图相比有明显改进,体现其认知结构更加丰富,但还不够完整,也存在明显的不足,如方法的上级概念和下级概念均包含"治理",需要用更加精准的词汇来表达明确含义。

(3)极大完善型。极大完善型用户在搜索前后概念图得分差处于 40 至 55 之间,进一步对其概念图 6 项指标进行统计分析,结果见表 5。通过分析发现,用户搜索前后的概念图得分有非常显著的差异($P < 0.001$)。其中,概念节点的丰富性、概念节点关系的联系性和层次性在搜索前后有显著性差异($P < 0.05$);

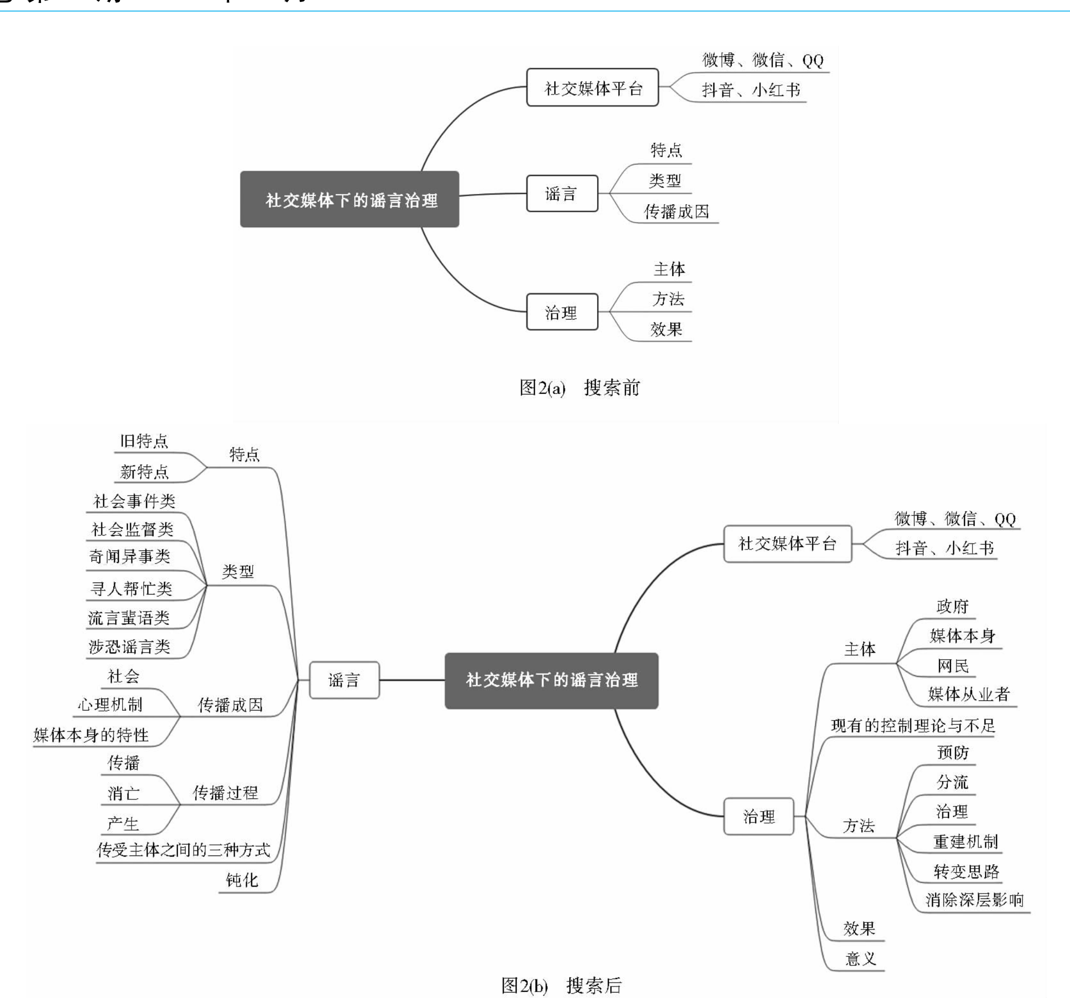


图 2 2 号用户搜索前后的概念图

概念节点的专业性、有效性和概念节点关系的探索性在搜索前后有非常显著的差异（P<0.001）。与搜索前相比，丰富性、联系性的提升均超过 100%，分别为 114% 和 120%；专业性、有效性和探索性的提升均超过 180%，分别为 188%、252% 和 280%。这表明，极大完善型的概念图，不仅在语法、语义层面有显著的提升，在语用层面也有非常显著的提升，用户整体认知结构得到极大完善。

表 5 极大完善型各指标变化情况

指标	丰富性		专业性		有效性		联系性		层次性		探索性		总分
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值
搜索前	3.61	1.65	4.80	2.68	4.70	1.69	3.55	1.64	8.40	1.64	6.00	0.00	31.06
搜索后	7.73	1.08	13.80	1.64	16.56	3.05	7.70	1.10	12.00	0.00	22.80	2.68	79.39
比较	P<0.05		P<0.001		P<0.001		P<0.05		P<0.05		P<0.001		P<0.001

图 3(a) 和图 3(b) 展示了用户 U12 在搜索前和搜索后绘制的概念图。在搜索前该用户认知结构的主要概念为“社交媒体种类”“谣言”和“治理主体和方法”，搜索后将“社交媒体种类”更改为“社交媒体”，“治理主体和方法”更改为“治理”。通过对比分析，概念节点方面，搜索后节点增加 44 个。从节点内容来看，搜索后的概念图中增加“传播机制”“与传统谣言治理方式比较”“谣言特点”等与主题相关的概念节点，同时从“政府”“监管部门”“社交媒体运营平台”“用户”等方面对“治理主体及方法”进行专业地介绍，与搜索前的概念图相比，概念节点的有效性和专业性均有较大幅度提升。概念关系方面，搜索前概念图中包含 3 个有效层次和 14 条连线，搜索后概念图中包含 4 个有效层次和 58 条概念关联，概念图的层次更加深入，节点关系更加丰富。该用户将主题“社交媒体下谣言治理”总结为“问题前端”和“问题后端”两个方面，“问题前端”包括“社交媒体种类”和“谣言”的相关节点，“问题后端”包括“治理”的相关节点，这说明该用户对主

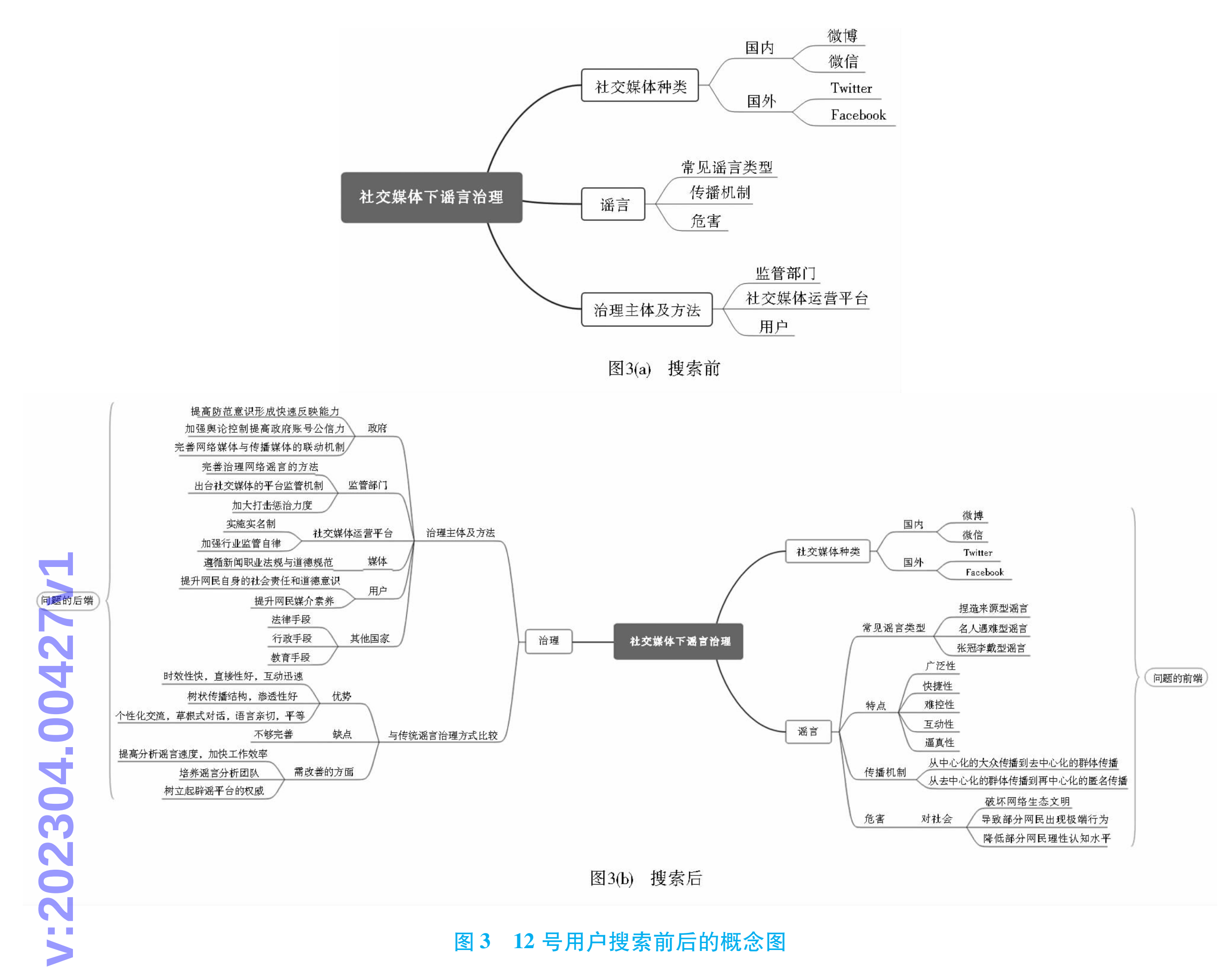


图 3　12 号用户搜索前后的概念图

题有新颖和深入的思考，其认知结构更加完善。

4.2　用户与文献的认知交互特征

4.1 节利用搜索前后概念图的变化来测量用户认知结构的变化 ΔS，本节探究用户与文献的认知交互，即怎样的 ΔI（用户吸收的情报）作用于 $K[S]$（用户认知结构）从而产生 ΔS。对用户搜索后绘制的概念图中新增概念节点的编码结果见表 6。从表 6 可以看到在保持不变组的用户概念图中新增加了 25 个概念节点（平均每个用户增加 5 个），其中 8 个来源于所阅读文献的题目，10 个来源于文献的摘要，3 个来源于文献的关键词，4 个来源于文献的正文。说明该组用户与文献的认知交互多聚焦于文献的摘要（39%）和题目（33%）。这组用户的概念图中没有出现任何用户创造的新词。在明显改进模式中，用户新增概念节点为 426 个（平均每个用户增加 21.3 个），用户与文献的认知交互主要聚焦于文献正文，达到 63%，其次是摘要，占比 20%。这组用户新增 31 个（7%）词汇是用户自我总结的新词（平均每个用户新创 1.55 个词）。极大完善模式中，用户新增概念节点为 209 个（平均每个用户增加 41.8 个），用户与文献的认知交互聚焦于正文的比例更高，达到 69%，在新增概念中有 45 个（22%）词汇是用户通过自我总结创造的新词（平均每个用户新创 9 个词）。

表 6　不同认知结构变化模式的 ΔI 来源分布

认知结构变化模式	ΔI 来源				
	题目	摘要	关键词	正文	自我总结
保持不变型	8	10	3	4	0
	33%	39%	13%	15%	0%
明显改进型	27	86	17	265	31
	6%	20%	4%	63%	7%
极大完善型	5	11	5	143	45
	2%	5%	2%	69%	22%

为进一步探究用户与文献认知交互特征 ΔI 是否与用户认知结构提升 ΔS 紧密相关，同时也探究用户与文献知识结构交互之间的关联性，对 30 位用户的 6 个数据进行 Pearson 相关性分析，结果见表 7。从表 7 可以看到，用户与文献题目、摘要、关键词的认知交互增加与其认知结构的提升相关性不显著，而用户与文献

正文认知交互的增加与其认知结构的提升存在显著的正相关关系（相关性系数为0.874，$p<0.01$）。用户在概念图中自我总结概念的增长与认知结构提升也存在显著的正相关性（相关性系数为0.790，$p<0.01$）。并且用户与正文的认知交互的增加与自我总结概念的增长之间也存在正相关关系（相关性系数为0.780，$p<0.01$）。这些结果提示用户与文献正文的认知交互能提升用户思维的深度，创造更多的自我总结概念，这两者的提升对用户认知结构的完善都有促进作用。该结果表明用户与文献正文的认知交互是改善认知结构的重要因素。

表7　用户与文献的认知交互 ΔI 与认知结构提升 ΔS 的相关性分析

	题目	摘要	关键词	正文	自我总结	ΔS
题目	1					
摘要	0.912	1				
关键词	0.352	0.192	1			
正文	-0.370*	0.162	0.019	1		
自我总结	-0.271	-0.060	0.002	0.780**	1	
ΔS	-0.279	0.153	0.060	0.874**	0.790**	1

注：*．在0.05级别（双尾），相关性显著；**．在0.01级别（双尾），相关性显著

5　讨论

在过去的几十年里，信息检索研究的主要焦点是索引、检索和排名算法的效率和有效性。希望通过对算法的不断改进，实现"在恰当的时间，将恰当的信息传递给恰当的人"。然而对于大多数用户而言，检索的最终目的不仅仅是获得信息，更重要的是发现新知，改善自身的认知结构。本项研究的主要目标是测试用户在探索式搜索前后自身认知结构的变化，即回答用户在搜索后认知结构有没有改善，改善了多少。实验结果表明，在针对相同主题，相同检索平台，相同阅读时间，相同先验知识的情况下，用户在探索式搜索前后认知结构变化呈现3种模式：2/3的用户认知结构有明显改进，1/6的用户认知结构保持不变，1/6的用户认知结构得到极大完善。

如果说认知结构的改善是学习结果的话，它必然受到学习过程的影响。在探索式搜索中，用户的学习过程涉及内在认知过程和外在行为表现。用户内在认知过程虽然可以通过出声思考法得以外化，但是该方法对用户来说是一个干扰，且有一部分用户不适应这样的记录方法。因此研究重点放在了用户外在与系统的交互行为上。已有不少学者针对搜索行为与学习结果的关系进行了研究，C. Liu和X. Song[30]实验表明信息的记录对于学习产出有显著的作用，搜索过程中越早开始记录信息，学习产出的效果越好。U. Gadiraju和R. Yu团队[17]发现用户在内容页面停留的时长与知识增长呈显著正相关。但该团队在更大规模的研究中[31]却发现用户在内容页面停留的时长与知识增长呈微弱的相关关系。本文认为用户与文献的交互深度是影响用户知识结构改变的关键因素。而仅从阅读时长还不能够细粒度地揭示用户与文献的交互层次。也有学者通过眼动仪来追踪用户的浏览轨迹，但只能提示用户认知过程的低级阶段，即注意到了哪些内容，却不能识别认知过程的高级阶段，即记忆、思维和想象。正如J. Gwizdk团队[32]一项眼动跟踪的研究发现，学习产出较高的用户却比学习产出较低的用户阅读量更少。本研究从一个新的角度来查考用户与文献的交互，即从用户绘制的概念图中新增词汇所对应的文献知识结构信息来反映用户与文献的认知交互。本文研究视角提供了一个重要的途径来揭示用户对文献的吸收和利用状况。实验结果表明聚焦于文献标题、摘要和关键词的用户，其认知结构提升并不理想；而通过阅读全文，找到新的核心词汇对认知结构提升有促进作用。这是因为题录信息虽然能反映文章的主旨内容，但受限于篇幅较短，传递的信息可能并不容易被初学者理解。初学者只能记住一些孤立概念而无法丰富其认知结构。只有通过对正文的详细阅读，发现重要概念、正确解读并理解概念内涵，才能构建概念之间的隐含关联，真正提升认知深度。因此用户与文献正文的认知交互是改善用户认知结构的重要因素。

根据奥苏伯尔的学习理论[33]，学习者只有将从文献吸收的知识与头脑中已有认知结构之间建立起实质性的联系，才被称作有意义学习。实质性体现在学习者能够用不同形式的语言（即不同于原始文本的新词）来表述概念。这种新概念是学习者通过主观建构产生的新知识，表明其思维达到了更高阶段。本研究也证实用户在概念图中自我总结概念的增长与认知结构提升存在显著的正相关性。因此，概念图中用户新创词汇可以作为用户知识结构改变的重要指标。

6　结论

本文基于布鲁克斯的情报学基本方程，探究用户在探索式搜索前后认知变化的模式与特征，并进一步分析用户与文献的交互对认知结构提升的影响。研究

表明,用户搜索前后认知结构的变化呈现三种模式,66.6%的用户认知结构有明显改进,16.7%的用户认知结构保持不变,16.7%的用户认知结构得到极大完善。具体而言,用户认知结构保持不变组在概念节点的丰富性、专业性、有效性、概念关系的联系性、层次性、探索性都没有显著改变;而认知结构明显改进组与极大完善组在概念节点的丰富性、概念节点关系的联系性和层次性改变显著,在概念节点的专业性、有效性和概念节点关系的探索性方面改变非常显著。

本研究进一步分析了用户与文献的认知交互特征,揭示了用户选择吸收不同的情报 ΔI 会对用户认知结构提升 ΔS 的影响。研究结果表明,当用户注意力放在题录信息时,仅处于物理交互层次,对认知结构的提升帮助不大;而通过仔细阅读正文,发现其他核心概念,识别概念之间复杂的关联关系,才达到用户与文献的深层认知交互,最终促进用户认知结构的提升。而且用户与正文的认知交互能提高用户意义建构层次,有助于创新词汇的产生。通过新概念来创建新关联,从而生成更深层、更丰富、更灵活的认知结构。

本文研究了在相同任务难度、相同检索平台、相同先验知识以及相同学习时间的情况下,用户在搜索前后认知结构的改变,并初步探索了 ΔI 对 ΔS 的影响。后续的研究中将扩大用户群体,探究不同先验知识的用户呈现怎样的知识结构改变模式,并深入探究 ΔI 与 K[S]的相互作用机理。

参考文献:

[1] MARCHIONINI G. Exploratory search: from finding to understanding[J]. Communications of the ACM, 2006, 49(4): 41 – 46.

[2] 夏立新, 周鼎, 毕崇武, 等. 探索式搜索研究进展[J]. 图书情报工作, 2020, 64(4): 103 – 112.

[3] 张云秋, 安文秀, 冯佳. 探索式信息搜索行为研究[J]. 图书情报工作, 2012, 56(14): 67 – 72.

[4] 袁红, 黄燕. 查询式搜索与探索式搜索行为比较研究——以健康信息为例[J]. 现代情报, 2019, 39(5):48 – 56.

[5] 张敏, 唐国庆, 张艳. 用户认知与情绪对探索式网络搜索行为的影响:一项实验研究[J]. 情报资料工作, 2018, (3): 80 – 87.

[6] MAO J, LIU Y, KANDO N, et al. How does domain expertise affect users' search interaction and outcome in exploratory search?[J]. ACM Transactions on information systems, 2018, 36(4): 1 – 30.

[7] 夏立新, 周鼎, 叶光辉, 等. 情感负荷视角下探索式搜索学习效果的影响因素[J]. 图书情报知识, 2020(4): 133 – 141.

[8] 王宇, 张云秋. 探索式搜索行为的眼动研究[J]. 图书情报工作, 2014, 58(11): 29 – 35.

[9] 袁红, 李秋. 搜索任务和搜索能力对用户探索式搜索行为的影响研究[J]. 图书情报工作, 2015, 59(15): 94 – 105.

[10] LU S, MEI T, WANG J, et al. Browse – to – search: interactive exploratory search with visual entities[J]. ACM transactions on information systems, 2014, 32(4): 1 – 18.

[11] FUKAZAWA Y, KARAPETSAS E, ZHU D, et al. Exploratory activity search[J]. International journal of knowledge – based and intelligent engineering systems, 2015, 19(1): 15 – 25.

[12] KAI H, SOURAV S B, SHUIGENG Z, et al. PICASSO: exploratory search of connected subgraph substructures in graph databases[J]. Proceedings of the VLDB endowment, 2017, 10(12): 1861 – 1864.

[13] COLLINS – THOMPSON K, RIEH S Y, et al. Assessing learning outcomes in web search: a comparison of tasks and query strategies[C]//Proceedings of the 2016 conference on human information interaction and retrieval. New York: ACM, 2016: 163 – 172.

[14] ZHANG X. User perceived learning from interactive searching on big medical literature data[J]. Big data & information analytics, 2017, 2(3): 1 – 16.

[15] 韩正彪, 郭靖怡, 潘培培, 等. 基于认知分类的大学生网络健康信息搜索的学习效果研究[J]. 图书情报知识, 2020(4): 19 – 31.

[16] NELSON L, HELD C, PIROLLI P, et al. With a little help from my friends: examining the impact of social annotations in sensemaking tasks[C]//Proceeding of SIGCHI conference on human factors in computing systems. New York: ACM, 2009: 1795 – 1798.

[17] GADIRAJU U, YU R, DIETZE S, et al. Analyzing knowledge gain of users in informational search sessions on the web[C]//Proceedings of the 2018 conference on human information interaction and retrieval. New York: ACM, 2018: 2 – 11.

[18] YUKA E, MASAO T, HITOMI S. Evaluating complex interactive searches using concept maps[C]//CHIIR 2017 workshop on supporting complex search Tasks. Norway: ACM, 2017: 15 – 17.

[19] HITOMI S, HITOSHI T. Changes in users' knowledge structures before and after web search on a topic: analysis using the concept map[J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2012, 48(1): 1 – 4.

[20] 宋筱璇, 刘畅. 搜索前后用户知识水平的评估及其变化情况分析[J]. 图书情报工作, 2018, 62(2): 108 – 116.

[21] 贺颖. 情报学的认知视角分析[D]. 天津:天津师范大学, 2002: 1 – 12.

[22] 师宏睿. 贝尔金与德尔文情报认知观评述[J]. 图书与情报, 2003(5): 12 – 14.

[23] 陈思彤. 布鲁克斯情报学思想研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2009.

[24] BELKIN N J. Cognitive models and information transfer[J]. Social science information studies, 1984(2): 111 – 129.

[25] BEKIN N J. Anomalous sate of knowledge as a basis for information

retrieval[J]. Canadian journal of documentation, 1982, 38(2): 61-62.
[26] DERVIN B. On studying information seeking methodologically: the implications of connecting metatheory to method[J]. Information process & management, 1999, 35(6): 727-750.
[27] 宋筱璇, 刘畅. 学习型搜索中用户信息源选择和使用策略研究[J]. 情报学报, 2019, 38(6): 655-666.
[28] 张业松. 运用概念图评估高中生数学认知结构的研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2012.
[29] 刘萍, 杨志伟, 苏文婷. 面向探索式搜索的认知结构量化评估[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(5): 99-105.
[30] LIU C, SONG X. How do Information Source Selection Strategies Influence Users' Learning Outcomes'[C]//Proceedings of the 2018 conference on human information interaction and retrieval. New York: ACM, 2018: 257-260.
[31] YU R, GADIRAJU U, HOLTZ P, et al. Predicting user knowledge gain in informational search sessions[C]//The 41st international ACM SIGIR conference on research & development in information retrieval. New York: ACM, 2018: 75-84.
[32] BHATTACHARYA N, GWIZAKA J. Relating eye-tracking measures with changes in knowledge on search tasks[C]// Proceedings of the 2018 ACM symposium on eye tracking research & applications. New York: ACM, 2018: 1-5.
[33] 奥苏贝尔. 教育心理学:认知观点[M]. 余星南, 宋钧,译. 北京:人民教育出版社, 1994.

作者贡献说明:

邢玉艳:采集、分析数据,论文撰写与修改;
刘萍:论文拟题,提出研究思路,修改论文。

Research on Users' Cognitive Structure Changes Before and After Exploratory Search

Xing Yuyan[1] Liu Ping[1,2]
[1] School of Information Management, Wuhan University, Wuhan 430072
[2] Institute for Digital Library, Wuhan University, Wuhan 430072

Abstract: [**Purpose/significance**] This paper aims to explore the changes of users' cognitive structure before and after exploratory search, and reveal patterns and reasons of their cognitive structure changes. [**Method/process**] A user experiment was conducted where concept maps of 30 subjects before and after searching were obtained. The two stages of concept maps were measured and compared according to the concept map evaluation system, the change patterns of users' cognitive structure were identified. Furthermore, the cognitive interaction characteristics between users and documents were analyzed to explore its impact on the improvement of cognitive structure. [**Result/conclusion**] The results show that there are three kinds of change patterns of users' cognitive structure before and after searching. 66.6% of users have showed significant improvement in their cognitive structure, 16.7% of users have maintained the same cognitive structure, and 16.7% of users improved their cognitive structure to a very high level. The study proves that the cognitive interaction between users and full-text is a significant factor for improving users' cognitive structure.

Keywords: exploratory search cognitive structure concept map cognitive interaction